

调亏条件下春播蚕豆生长动态及其产量效应^{*}

丁林¹, 王福霞², 王以兵¹, 张新民¹

(1. 甘肃省水利科学研究院, 兰州 730000; 2. 甘肃农业大学 工学院, 兰州 730070)

摘 要:通过大田试验研究了调亏灌溉条件下春播蚕豆的生长动态及其产量效应, 结果表明: 蚕豆各生育期缺水后株高、叶面积指数、干物质积累量较对照均有较大幅度下降, 轻度缺水处理株高较对照最大下降分别为 18.3%, 21.4%, 14.4%, 0.4%, 各生育期叶面积指数较对照最大下降分别为 16.8%, 21.7%, 13.2%, 20.8%, 各生育期干物质积累量较对照最大下降分别为 22.86%, 25.71%, 14.14%, 10.56%; 重度缺水处理各生育期株高较对照最大下降分别为 32.3%, 15.4%, 24.1%, 1.99%, 各生育期叶面积指数较对照最大下降分别为 8.6%, 34.8%, 34.0%, 23.1%, 干物质积累量较对照最大下降分别为 42.86%, 37.14%, 28.28%, 15.00%。另外随着缺水程度的加剧蚕豆株高、叶面积指数、干物质积累量较对照降低越明显, 这种降低趋势不但出现在缺水阶段, 而且在后续生育阶段也出现降低趋势。同时蚕豆在拔节期或苗期或花荚期轻度缺水不仅没降低产量, 而是增产 14.05%, 9.09% 和 8.26%, 且节水 4.14%, 10.92% 和 5.27%, 说明在蚕豆实际生产中应采取苗期轻度缺水, 其余阶段为充分灌溉, 或拔节期轻度缺水, 其余阶段为充分供水两种试验处理均可达到节水、高产之目的。

关键词: 调亏灌溉; 生长动态; 产量效应; 蚕豆

中图分类号: S529.01; S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0236-05

The Growth Tendencies and Yield Effects of Spring Broad Bean by Regulated Deficit Irrigation

DING Lin¹, WANG Fu xia², WANG Yi bing¹, ZHANG Xin min¹

(1. Gansu Provincial Water Conservancy Research Institute, Lanzhou 730000, China; 2. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The growth tendencies and yield effect of broad bean was studied in field by regulated deficit irrigation conditions. The result shows that after water deficit in growth stage of broad bean, its height, leaf area index, dry material accumulation quantity have great scope to drop compared with CK. In each growth stage, light water deficit treatments drop is 18.3%, 21.4%, 14.4%, 0.4%, the leaf area index is 16.8%, 21.7%, 13.2%, 20.8% respectively, the material accumulation quantity is 22.86%, 25.71%, 14.14%, 10.56% compared with CK; In each growth stage high water deficit treatments drop is 32.3%, 15.4%, 24.1%, 1.99%, the leaf area index is 8.6%, 34.8%, 34.0%, 23.1% respectively, the material accumulation quantity is 42.86%, 37.14%, 28.28%, 15.00% compared with CK. Moreover along with water deficit degrees aggravating broad bean height, leaf area index, dry material accumulation quantity compares reduces is more obvious compared with CK, not only this kind reduces tendency to appear in the water deficit stage, moreover also appears in the following birth stage. Simultaneously the yield of broad bean has not reduced in the jointing stage or seedling stage or flowering stage under light water deficit, but increases production 14.05%, 9.09% and 8.26%, and saves water 4.14%, 10.92% and 5.27%. It explained that should adopt the seedling stage light water deficit other stages are the full irrigations, or the jointing stage light water deficit, other stages are the full irrigations in the broad bean actual production. This two kind of experimental processing to be possible fully to achieve saving water and the high production goal.

Key words: RDI; growth tendencies; yield effects; broad bean

调亏灌溉是国际上在 20 世纪 70 年代中后期以来出现的一种新的节水灌溉技术, 是一种既具有经济效益又具有生态效益的灌溉方法, 特别适用于水资源短缺或用水成本较高

的地区^[1]。其基本思想就是在作物生长发育的某些阶段主动施加一定的水分胁迫, 从而影响光合同化产物向不同组织器官的分配, 以调节作物的生长进程, 达到节水高效、高产优

* 收稿日期: 2008-02-21

基金项目: 水利部科技成果重点推广计划项目(TG0614)

作者简介: 林(1978-), 男, 工程师, 主要从事节水灌溉及水资源方面的研究。E-mail: dl20709@yahoo.com.cn

质和提高水分利用效率为目的的非充分灌溉技术^[1-2]。土壤水分的多少对蚕豆的生长和产量影响很大, 土壤水分过少或过多, 都会影响蚕豆的产量和品质^[3]。对蚕豆的灌溉理论与技术已有学者进行过研究^[4-7]。但干旱区大田条件下蚕豆的灌溉理论与技术的研究报道较少。基于此, 本试验旨在研究干旱区蚕豆在调亏灌溉条件下的生长动态及产量效应, 旨在为提高灌区农牧业生产效益, 优化农业用水配置和水资源的有效利用, 因地制宜发展畜牧业和调整灌区种植业结构提供一定的理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 自然条件

试验地设在甘肃秦王川灌区, 位于兰州市以北 70 km 处, 地理坐标 103° 27′ - 104° 21′ E, 36° 16′ - 36° 53′ N, 海拔 1 800~ 2 400 m, 灌区属典型大陆性干旱气候, 相对湿度 56%, 多年平均气温 5~ 6. 5℃, 无霜期 167 d, ≥0℃ 积温 2 893℃, ≥10℃ 有效积温 2 226. 9℃, 年均风速 2. 3 m/s, 多年平均降水量 284. 8 mm, 年蒸发量高达 1 800~ 2 100 mm。该灌区是引大入秦工程的主要受益区, 灌区总面积 5. 73 万 hm², 土壤质地以粉砂质黏壤土和黏壤土为主, pH 值 8. 2~ 8. 3, 块状结构, 通透性好, 耕性较好, 土层薄, 仅 70~ 100 cm, 且耕作层有机质含量低。

1.2 试验设计

供试材料为临蚕 5 号(*Vicia faba* L. Lincan No. 5), 于 2006 年 3 月 28 日播种, 行距为 40 cm, 株距 8 cm, 播深 12 cm, 点播, 播种量 350 kg/hm², 播种时施复合肥(N: P: K= 10: 8: 7) 450 kg/hm²。蚕豆于 4 月中旬开始出苗, 4 月 16 日开始处理, 6 月 23 日进行摘心和打顶, 8 月 4 日收获。调亏处理在蚕豆出苗至成熟期分 4 个水平: 对照处理(CK, 充分灌溉)、苗期受旱(MH)、拔节期受旱(BH)、花英期受旱

(HH) 和成熟期受旱(GH), 对照处理土壤相对含水率(占田间持水量的百分数) 为 70%~ 75%, 其余受旱处理均设 2 个梯度, 其土壤相对含水率分别为 60%~ 65% 和 50%~ 55%, 设 3 次重复, 共 27 个小区, 小区面积为 5 m× 7 m, 在试验区周围设保护区和保护带, 各小区随机布置。在各处理含水率达到设计水平时, 即进行灌水, 每次灌水 60 mm。调亏结束后, 其余阶段均恢复正常的丰水处理。

1.3 测定项目

生育期气象由秦王川灌区引大节水示范基地专业气象站观测。土壤含水量采用土钻取土烘干法, 取土深度为 80 cm, 每 10 cm 一层, 3 次重复, 烘干(105℃, 12 h)。土壤水分含量每 10 天测一次, 灌水前后, 降水后和生育阶段转变时加测; 株高采用卷尺(最小刻度 mm) 测定样方 100 cm× 100 cm 内固定 15 株取平均值所得; 叶面积系数采用长× 宽× 系数法测定样方 100 cm× 100 cm 内固定 15 株取平均值所得, 蚕豆叶面积折算系数取 0. 75; 干物质积累量在每个生育期末采用刈割法(样方 100 cm× 100 cm) 2 次重复测定(80℃ 烘干; 48 h); 收获后籽粒产量用干质量法测定, 在蚕豆成熟季节, 按各小区考种、记产、单打单收。

试验数据用 Excel 进行原始数据处理和制图, 由 DPS (v6. 05) 软件做相关的统计分析。

2 结果与分析

2.1 调亏灌溉对蚕豆株高的影响

水分亏缺对作物生长总的影响直观反映在生长特征的差异上, 这种差异最容易测得的且具有代表性的作物性状指标就是株高和叶面积指数。蚕豆的株高在一定程度上反映了植株的营养生长状况, 对于它的分析比较可以发现调亏灌溉在蚕豆营养生长和生殖生长阶段所起的作用及其变化规律。调亏灌溉下蚕豆全生育期株高变化见表 1 所示。

表 1 调亏灌溉下蚕豆株高变化 cm

处理	4 月 27 日	5 月 7 日	5 月 17 日	5 月 27 日	6 月 6 日	6 月 16 日	6 月 26 日	7 月 6 日
CK	4. 52	12. 00	22. 35	35. 90	47. 60	73. 90	103. 00	103. 25
MH- 60	4. 32	10. 56	18. 25	30. 62	43. 85	69. 10	100. 60	101. 20
MH- 50	4. 22	9. 83	16. 95	24. 30	37. 50	63. 05	76. 10	76. 40
BH- 60	4. 80	11. 15	19. 20	34. 00	44. 50	69. 70	81. 55	81. 20
BH- 50	4. 30	11. 55	18. 90	32. 45	43. 35	68. 75	91. 05	91. 00
HH- 60	4. 10	11. 20	19. 00	33. 20	47. 60	73. 60	88. 20	88. 67
HH- 50	4. 50	11. 70	19. 70	32. 25	45. 70	63. 70	78. 25	78. 37
GH- 60	4. 25	11. 45	19. 00	30. 40	47. 20	73. 50	101. 67	102. 80
GH- 50	4. 35	11. 10	18. 40	29. 55	43. 80	72. 70	101. 11	101. 20

蚕豆从 4 月中旬出苗至 5 月中旬是生长的苗期, 5 月中旬至 5 月下旬是生长的拔节期, 5 月下旬至 6 月中旬是生长的开花期, 6 月中旬至 7 月下旬是生长的鼓粒成熟期。由表 1 可以看出, 在蚕豆前 3 个生育期缺水后株高较对照均有较大幅度下降, 前 3 个生育期轻度缺水处理株高较对照最大下降分别为 18. 3%, 21. 4%, 14. 4%, 重度缺水处理株高较对照最大下降分别为 32. 3%, 15. 4%, 24. 1%, 经方差分析前 3 个生育期在缺水时段其株高与对照均有极显著差异($P <$

0. 01), 且随着缺水程度的加剧蚕豆株高降低越明显, 这种降低趋势不但出现在缺水阶段, 而且在后续生育阶段也出现降低趋势, 且大多数缺水处理在株高上的弱势一直持续到收获也没有达到对照水平, 只有 MH- 60 由于受旱时间较短, 其株高弱势到 6 月 26 日已基本消除, 由上说明蚕豆在前 3 个生育期控水明显抑制了株高生长, 且随着控水程度加剧蚕豆株高生长越缓慢。另外鼓粒期、成熟期的蚕豆以生殖生长为主, 本试验中在 6 月 23 日对蚕豆进行了打顶, 因此这一生育阶段

的控水处理对其株高不产生影响,虽然蚕豆株高在 5 月 17 日至 6 月 16 日 CK 与 HH- 60 和 HH- 50 之间有一定差异,较对照其最大降低幅度为 15.3% 和 17.7%,这主要是因为 CK 与 GH- 60 和 GH- 50 的头水灌水时间不一致,CK 灌水时间早于 GH- 60 和 GH- 50,但 GH- 60 和 GH- 50 灌水后补偿生长较快,最终在株高上与 CK 无差异。

3.2 调亏灌溉对蚕豆叶面积指数的影响

叶片是植物进行光合作用和蒸腾作用的重要器官,叶面

表 2 调亏灌溉下蚕豆叶面积指数分析

出苗后天数/d	20	35	50	65	80	105
CK	0.40aA	0.97aA	1.67aA	3.91aA	4.01aA	3.85aA
MH- 60	0.37aAB	0.91abA	1.39aAB	3.31bA	3.35bAB	3.27cB
MH- 50	0.33bB	0.80cB	1.06bB	2.40cB	2.46cC	2.37gF
BH- 60	0.36bAB	0.91abA	1.34bAB	3.06bAB	3.16bAB	3.10dC
BH- 50	0.35bAB	0.89bAB	1.33bAB	2.55bB	2.67bB	2.54fE
HH- 60	0.36bAB	0.93abA	1.49aAB	3.44abA	3.48bAB	3.37bB
HH- 50	0.33bB	0.92abA	1.34bAB	2.58bB	2.70bB	2.60fE
GH- 60	0.38aAB	0.91abA	1.34bAB	3.61abA	3.70aAB	3.05dC
GH- 50	0.37aAB	0.90abA	1.33bAB	3.10bA	3.15bAB	2.94eD

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),以下同。

由表 2 可知,在苗期蚕豆,叶面积指数(LAI)增长比较缓慢,到拔节开花期 LAI 与株高一样迅速增长,但随着控水的实施,轻度缺水处理各生育期 LAI 较对照最大降低幅度为 16.8%,21.7%,13.2%,20.8%,重度缺水处理 LAI 较对照最大降低幅度为 38.6%,34.8%,34.0%,23.1%。苗期控水后其 LAI 增长速率开始下降,但 MH- 60 的 LAI 增长速率下降较缓慢,而 MH- 50 的 LAI 增长速率下降较快,到 65~80 d 时 MH- 50 的 LAI 不但与 CK 差异极显著($P<0.01$),而且与 MH- 60 差异极显著($P<0.01$);由于拔节期历时较短,控水后 BH- 60 与 BH- 50 的 LAI 只与 CK 差异显著($P<0.05$),而 BH- 60 与 BH- 50 之间无差异;花荚期控水后只有 HH- 50 的 LAI 与 CK 及 HH- 60 差异显著($P<0.05$),而 HH- 60 与 CK 及 HH- 50 之间无差异;鼓粒期

积的消长是衡量作物个体和群体生长发育好坏的重要标志,叶面积大小将直接影响蚕豆光合面积的大小,进而影响到蚕豆产量的高低。无论是粮食作物、牧草还是蚕豆,叶面积增长速度最快的阶段为其营养生殖生长的最盛期。党志强(2004)研究发现,苜蓿在结实期、成熟期叶面积指数较小^[8]。李守谦等(1993)在对小麦、玉米等作物的研究中发现结实期、成熟期其叶面积系数急剧下降,叶面积系数变得很小^[9]。根据实测试验数据,调亏灌溉下蚕豆叶面积指数如表 2 所示。

控水后只有 GH- 50 的 LAI 与 CK 差异显著($P<0.05$),同时 GH- 50 与 GH- 60 差异显著($P<0.05$),而 GH- 60 与 CK 之间无差异。另外蚕豆生长至 105 d 时,各处理叶面积指数已出现下降趋势,主要是由于此阶段蚕豆已处于成熟期,其下部叶片已枯黄脱落,因而其叶面积指数逐渐下降。由上说明,各生育阶段缺水均可使蚕豆叶面积指数较对照有所下降,且缺水越严重,叶面积指数下降越明显。

2.3 调亏灌溉对开花期蚕豆干物质积累的影响

水分作为一种重要的环境因子对蚕豆干物重影响很大,而干物重的多少则代表了其对光合产物的积累程度。通过分析蚕豆的干物重可以了解调亏灌溉的时期和强度对光合产物合成、分配的影响。蚕豆各生育期不同水分胁迫下的干物质比较见表 3 所示。

表 3 调亏灌溉下蚕豆干物质积累变化

处理	5月20	与对	日增	6月4	与对	日增	6月19	与对	日增	7月4	与对	日增	7月19	与对	日增
	日干物重/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	照相	长量/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	日干物重/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	照相	长量/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	日干物重/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	照相	长量/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	日干物重/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	照相	长量/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	日干物重/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	照相	长量/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)
CK	0.11aA	-	3.14aA	0.35aA	-	16.00aA	0.99aA	-	42.67aA	1.73aA	-	49.33aA	1.80aA	-	4.67dD
MH- 60	0.09cBC	-18.18	2.57cC	0.27dC	-22.86	12.00cC	0.87eE	-12.12	40.00dD	1.39gG	-19.65	34.67hH	1.44cC	-20.00	3.33fF
MH- 50	0.08dC	-27.27	2.28dD	0.20gF	-42.86	8.00eE	0.58iI	-41.41	40.00dD	1.12iI	-35.26	36.00gG	1.36cC	-24.44	12.00hB
BH- 60	0.10abAB	-9.09	2.86bB	0.26cC	-25.71	10.67dD	0.89dD	-10.10	42.00bB	1.61bB	-6.94	48.00bB	1.72abAB	-4.44	7.33cC
BH- 50	0.11aA	0	3.14aA	0.23dD	-37.14	8.00eE	0.81gG	-18.18	38.67eE	1.42fF	-17.92	40.67dD	1.64bAB	-8.89	14.67aA
HH- 60	0.10abAB	-9.09	2.86bB	0.34bAB	-2.86	16.00aA	0.85fF	-14.14	34.00fF	1.54dD	-10.98	46.00cC	1.65bAB	-8.33	7.33cC
HH- 50	0.10abAB	-9.09	2.86bB	0.33cB	-5.71	15.33bB	0.71hH	-28.28	25.33gG	1.27hH	-26.59	37.33fF	1.45cC	-19.44	12.00bB
GH- 60	0.11aA	0	3.14aA	0.35aA	0	16.00aA	0.96cC	-3.30	40.67cC	1.55cC	-10.40	39.33eE	1.61bAB	-10.56	4.00eE
GH- 50	0.10abAB	-9.09	2.86bB	0.34bAB	-2.86	16.00aA	0.97bB	-2.02	42.00bB	1.51eE	-12.72	36.00gG	1.53bB	-15.00	1.33gG

由表 3 可以看出,苗期控水后,各处理干物重与正常处理相比都有一定程度的降低,且均随水分胁迫的加剧降低的程度加大,MH- 50 最多减少了 42.86%,MH- 60 最多减

少了 22.86%,BH- 50 最多减少了 37.14%,BH- 60 最多减少了 25.71%,HH- 50 最多减少了 28.28%,HH- 60 最多减少了 14.14%,GH- 50 最多减少了 15.00%,GH- 60

最多减少了 10.56%。同时也可以看出除苗期控水处理外其干物质降低程度较大的时期均出现在控水时期,复水后干物质降低程度减缓。但一直到收获干物重也未达到对照水平,这一结果与株高表现出的规律相一致。处理 HH-60, BH-60, BH-50 只在控水阶段干物重降低,复水后干物质降低程度减缓,到收获前已与对照处理无差别,而处理 HH-50 到收获前已与对照处理无差别。对于处理 GH-50 和 GH-60 由于鼓粒期营养生长已基本停止,因此,此阶段控水对干物质积累的影响不大,其干物质降低程度较小。由表 3 还可以看出蚕豆从出苗到收获期干物质日增长量均呈现小-大-小的变化规律,但在各控水阶段各处理干物质日增长量均低于其他处理。尤其重度缺水处理干物质日增长量在控水阶段较其他处理降低程度较大。

2.4 调亏灌溉对开花期蚕豆产量的影响

Rawson 认为,水分亏缺并不总是降低产量,早期适度的水分亏缺在某些作物上有利于增产,并举例证实有效亏缺的反应^[10]。山仑(1993)等研究认为一定生育阶段,一定程度的水分亏缺可使禾谷类作物在节约大量用水的同时获得较高产量。调亏灌溉可使产量的降低不显著,而它的增产效果是通过与密植相结合,调整作物的群体结构,增加灌溉面积来实现的^[11]。试验研究表明,适时适度的调亏灌溉可不减少或增加产量^[12]。但是调亏灌溉在生产中有一定风险性,某些作物在某些生育时期轻度水分亏缺即可造成大幅度减产^[13-14],因此确定作物适宜水分亏缺程度是正确实施调亏灌溉的关键因素之一。试验研究表明(表 4)蚕豆产量在 BH-60、MH-60 和 HH-60 处理下没有显著差异($P < 0.05$),

而这三个处理分别与 GH-50 和 HH-50 处理都呈现显著差异($P < 0.05$),且与 HH-50 呈现极显著差异($P < 0.01$),并以 GH-50 和 HH-50 处理产量最低。蚕豆在拔节期或苗期或花英期轻度干旱不仅没降低产量,而是增产 14.05%, 9.09% 和 8.26%,且节水 4.14%, 10.92% 和 5.27%。由表 1 综合说明 MH-60 是既增产又节水的最佳处理, BH-60 是次于 MH-60 的较处理好,因此在实际生产中应采取苗期轻度缺水,其余阶段为充分灌溉,或拔节期轻度缺水,其余阶段为充分供水,因为在苗期或拔节期适当亏水有利于蚕豆根系生长,进而提高产量和节约有限水资源。

由调亏灌溉处理下蚕豆产量构成因素分析可知,各生育期重度缺水处理 MH-50, BH-50, HH-50 和 GH-50 使蚕豆单株粒重较对照分别下降 9.5%, 9.8%, 22.3% 和 16.0%, 百粒重较对照分别下降 10.2%, 6.0%, 3.1% 和 7.0%, 且轻度缺水处理的百粒重均高于对照和重度缺水处理。就单株粒重而言 HH-50 与对照有极显著差异($P < 0.01$), GH-50 与对照有显著差异($P < 0.05$),说明花英期-成熟期重度缺水可使蚕豆单株粒重显著降低,所以花英期-成熟期不能严重缺水,而可以适度缺水;就百粒重而言 MH-50, BH-50 和 GH-50 与对照有极显著差异($P < 0.01$),说明苗期、拔节期和鼓粒成熟期重度缺水可使蚕豆百粒重显著降低,所以苗期、拔节期和鼓粒成熟期不可严重缺水,而相应的轻度缺水处理百粒重较对照分别增加 2.7%, 4.3% 和 5.1%。虽然苗期重度缺水处理 MH-50 使分支数及单株粒数较对照增加 4.3% 和 10.5%,但由于缺水使其单粒较小,所以其单株粒重和百粒重也较对照小。

表 4 调亏灌溉处理下蚕豆耗水量、产量及产量构成因素分析

处理	产量/ kg	耗水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	株高/ cm	荚数 (荚/株)	粒数 (粒/株)	分支数 (支/株)	单株粒重 (g/株)	百粒重/ g
CK	6050abcABC	5310aA	103.0	6.5aA	12.67cC	2.3cdBC	19.682aA	159.68abAB
MH-60	6600abAB	4730fF	100.6	5.7cC	11.00dD	2.3cdBC	19.838aA	164.07abA
MH-50	5950abcdABC	4590hH	76.1	7.1aA	14.00aA	2.4bD	17.810abAB	143.43dD
BH-60	6900aA	5090bB	81.6	6.4bB	13.04bB	2.3bcdBC	19.203aA	166.6aA
BH-50	5600bcdABC	4680gG	91.1	5.4dD	10.97eD	2.1eD	17.751abAB	150.05cdBC
HH-60	6550abAB	5030cC	88.2	6.4bB	12.64cC	2.3cdBC	19.685aA	161.78abAB 154.
HH-50	4900dC	4790dD	78.3	5.4cCD	10.17fE	2.2deCD	15.289cC	78bcABC 167.88aA
GH-60	5900abcdABC	4770eE	101.7	6.5bB	11.20dD	2.6aA	17.771abAB	167.88aA
GH-50	5300cdBC	4680gG	101.1	5.7cC	10.97deD	2.6aA	16.536bcAB	148.46cdBC

3 结论

蚕豆各生育期缺水后其株高、叶面积指数、干物质积累量较对照均有较大幅度下降,轻度缺水处理株高较对照最大下降分别为 18.3%, 21.4%, 14.4%, 0.4%, 叶面积指数较对照最大下降分别为 16.8%, 21.7%, 13.2%, 20.8%, 干物质积累量较对照最大下降分别为 22.86%, 25.71%, 14.14%, 10.56%; 重度缺水处理各生育期株高较对照最大下降分别为 32.3%, 15.4%, 24.1%, 1.99%, 叶面积指数较对照最大下降分别为 8.6%, 34.8%, 34.0%, 23.1%, 干物质积累量较对照最大下降分别为 42.86%, 37.14%,

28.28%, 15.00%。另外随着缺水程度的加剧蚕豆株高、叶面积指数、干物质积累量较对照降低越明显,这种降低趋势不但出现在缺水阶段,而且在后续生育阶段也出现降低趋势,经方差分析前三个生育期在缺水时段其株高与对照均有极显著差异($P < 0.01$),叶面积指数与对照均有显著差异($P < 0.05$)。同时蚕豆产量在 BH-60、MH-60 和 HH-60 处理下没有显著差异($P < 0.05$),而这三个处理分别与 GH-50 和 HH-50 处理都呈现显著差异($P < 0.05$),且与 HH-50 呈现极显著差异($P < 0.01$),并以 GH-50 和 HH-50 处理产量最低,在拔节期或苗期或花英期轻度干旱不仅没降低产量,而是增产 14.05%、9.09% 和 8.26%,且节水 4.14%、10.92% 和

5.27%。经产量构成因素分析可知苗期、拔节期和鼓粒成熟期重度缺水可使蚕豆百粒重显著降低,所以苗期、拔节期和鼓粒成熟期不可严重缺水,而相应的轻度缺水处理百粒重较对照分别增加 2.7%、4.3% 和 5.1%。虽然苗期重度缺水处理 MH-50 使分支数及单株粒数较对照增加 4.3% 和 10.5%,但由于缺水使其单粒较小,所以其单株粒重和百粒重也较对照小。综上所述:在蚕豆实际生产中应采取苗期轻度缺水,其余阶段为充分灌溉,或拔节期轻度缺水,其余阶段为充分供水两种试验处理均可达到节水、高产之目的。

参考文献:

- [1] 康绍忠,蔡焕杰.作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2002:123-195.
- [2] 王和洲,张晓萍.调亏灌溉条件下的作物水分生态生理研究进展[J].灌溉排水,2001,20(4):73-75.
- [3] 郑卓杰,宗绪晓,刘芳玉.食品豆类栽培技术问答[M].北京:中国农业出版社,1998:30-31.
- [4] 李晓玲,张芮,丁林.地面灌溉条件下蚕豆的水分生产函数与灌溉定额的确定[J].甘肃农业大学学报,2006,41(4):91-94.
- [5] 丁林,成自勇,赵元忠,等.调亏灌溉对蚕豆需水规律及

水分利用效率的影响[J].节水灌溉,2007(5):27-29.

- [6] 丁林,成自勇,郭松年,等.调亏灌溉对蚕豆产量和水分利用效率的影响[J].甘肃农业大学学报,2007,42(4):123-126.
- [7] 鲍思伟,陈彤.水分胁迫对蚕豆生长的影响[J].台州师专学报,2001,23(3):59-61.
- [8] 党志强.河西走廊苜蓿耗水量与耗水规律的初步研究[D].兰州:甘肃农业大学,2004:21-23.
- [9] 李守谦,兰念军.干旱地区农作物需水量及节水灌溉研究[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1993.
- [10] Rawson H M, Turner N C. Irrigation timing and surr flowers [J]. Irri. Sci., 1983, 4: 167-175.
- [11] Turner N C. Plant water relations and irrigation marr agement [J]. Agri. Water Manag., 1990, 17: 59-75.
- [12] Blankman P G, Davies W J. Root to shoot communir cation in maize plant of the effects of soil drying[J]. J Exp. Bot., 1985, 36: 39-48.
- [13] 孟兆江,刘安能,庞鸿宾,等.夏玉米调亏灌溉的生理机制与指标研究[J].农业工程学报,1998,14(4):88-92.
- [14] Turner N C, Begg L E. Plant water relationship and ad aptation to stress [J]. Plant and Soil, 1981, 58: 97-131.

(上接第 235 页)

- [28] 沈德中.污染环境的生物修复[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [29] 吴伟,余晓丽,李咏梅.不同种属的微生物对养殖水体中有机物质的生物降解[J].湛江海洋大学学报:自然科学版,2001,21(3):67-70.
- [30] Ferdinandy van Vlerken M M A. Chances for biological techniques in sediment remediation[J]. Wat Sci Tech, 1998, 37(6/7):345-353.
- [31] 冯奇秀,谢骏,刘军.底泥生物氧化与城市黑臭河涌治理[J].水利渔业,2003,23(6):42-44.
- [32] 蔡惠凤,陆开宏,金春华,等.养殖池塘污染底泥生物修复的室内比较实验[J].中国水产科学,2006,13(1):140-145.
- [33] Derek R L, John D C. Bioremediation of metal contamination [J]. Current Opinion in Biotechnology, 1997, 8(3):285-289.
- [34] 籍国东,倪晋仁,孙铁珩.持久性有毒物污染底泥修复技术进展[J].生态学杂志,2004,23(4):118-121.
- [35] 叶祁,张传伦.对重金属和辐射污染的土壤和地下水的微生物修复[J].高校地质学报,2005,11(2):199-206.
- [36] White C, Sayer J A, Gadd G M. Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination

[J]. FEMS Microbiology Reviews, 1997, 20(3/4):503-516.

- [37] Marc Valls, Victor de Lorenzo. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2002, 26(4):327-338.
- [38] Gadd G M. Microbial influence on metal mobility and application for bioremediation [J]. Geoderma, 2004, 122(2/4):109-119.
- [39] 童昌华,杨肖娥,濮培民.水生植物控制湖泊底泥营养盐释放的效果与机理[J].农业环境科学学报,2003,22(6):673-676.
- [40] 陈愚,任长久,蔡晓明.镉对沉水植物硝酸还原酶和超氧化物歧化酶活性的影响[J].环境科学学报,1998,18(3):313-317.
- [41] 朱斌,陈飞星,陈增奇.利用水生植物净化富营养化水体的研究进展[J].上海环境科学,2002,21(9):564-576.
- [42] 周宝利,陈玉成.植物修复的促进措施及根际微生物的作用[J].环境保护科学,2006,32(3):39-42.
- [43] 王发园,林先贵.丛枝菌根在植物修复重金属污染土壤中的作用[J].生态学报,2007,27(2):793-801.
- [44] 蔺昕,李培军,台培东,等.石油污染土壤植物-微生物修复研究进展[J].生态学杂志,2006,25(1):93-100.